

# LIGHT APPLYING SUBSTRATE PROCESSING EQUIPMENT

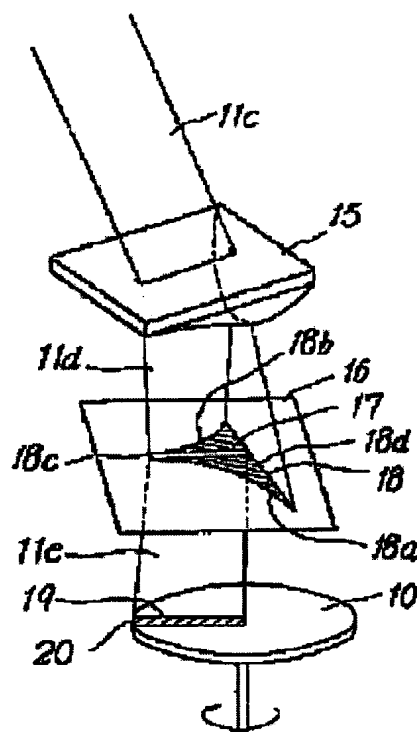
**Patent number:** JP5082452  
**Publication date:** 1993-04-02  
**Inventor:** UI AKIO; SATO HIROSUKE; NUKADA  
HIDEKI; OMI TAKAO  
**Applicant:** TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO  
**Classification:**  
- international: **G03F7/20; H01L21/027; H01L21/205;  
H01L21/302; G03F7/20; H01L21/02; (IPC1-  
7): G03F7/20; H01L21/027; H01L21/205;  
H01L21/302**  
- european:  
**Application number:** JP19910243713 19910924  
**Priority number(s):** JP19910243713 19910924

**Report a data error here**

## Abstract of JP5082452

**PURPOSE:**To make the illuminance on a substrate uniform, by increasing the intensity of a light beam from the part corresponding with the central part of a substrate toward the part corresponding with the peripheral part, in the space or the time domain.

**CONSTITUTION:**A sheet type light beam 11 passes a modified cylindrical lens 15 and turns to a light beam 11d having a beam shape 18 which decreases in proportion to the reciprocal number of the distance toward a bottom part 18d from a top part 18c. The light beam 11d passes a slit 16 and turns to a light beam having the illuminance which decreases in proportion to the reciprocal number of the distance toward a center O from the peripheral part 20 of a substrate 10. A light beam 11e which passes the modified cylindrical lens 15 and the slit 16 has the illuminance distribution which decreases toward the peripheral part from the central part of the substrate 10 so as to be in proportion to the reciprocal number of the distance toward the center O. Hence the illuminance on the substrate 10



can be made uniform.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-82452

(43)公開日 平成5年(1993)4月2日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/205		7454-4M		
G 0 3 F 7/20	5 2 1	7818-2H		
H 0 1 L 21/027				
21/302	Z	7353-4M		
		7352-4M		
			H 0 1 L 21/ 30	3 6 1 H
			審査請求	未請求 請求項の数3(全 10 頁)

(21)出願番号 特願平3-243713

(22)出願日 平成3年(1991)9月24日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 宇 井 明 生

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会  
社東芝総合研究所内

(72)発明者 佐 藤 裕 輔

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会  
社東芝総合研究所内

(72)発明者 額 田 秀 記

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会  
社東芝総合研究所内

(74)代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

最終頁に続く

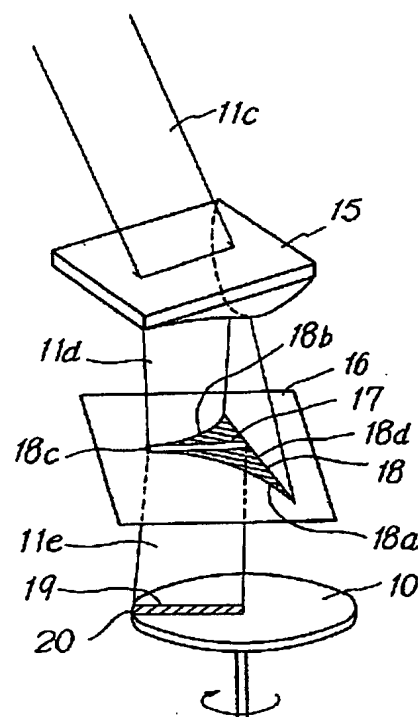
(54)【発明の名称】 光応用基板処理装置

(57)【要約】

【目的】 光ビームに対して相対的に基板を回転させ光ビームを照射して薄膜成長、エッチング、ドーピング、クリーニング等の所定の処理をする場合に、基板上の照度を均一化し、あるいは光ビームと基板との相互作用を基板上で均一化する光応用基板処理装置を提供する。

【構成】 光応用基板処理装置は、光ビーム(1)に対して相対的に基板(10)を回転させ光ビーム(1)を照射する。光ビーム(1)の強度を基板(10)の中央部に対応する部分から周辺部に対応する部分に向かって空間的または時間的に増加させる。また光ビーム(1)の照射位置に対する基板(10)の相対速度を基板

(1)の中央部に対応する部分から周辺部に対応する部分に向かって減少させる。また、光ビーム(1)と基板(10)との相互作用が基板(1)の中央部に対応する部分から周辺部に対応する部分に向かって光学的に活性となるように光ビームが異なる波長または偏光を有する。



#### 【特許請求の範囲】

【請求項 1】光ビームに対して相対的に基板を回転させ光ビームを照射して薄膜成長、エッチング、ドーピング、クリーニング等の所定の処理をする光応用基板処理装置において、前記光ビームの強度を基板の中央部に対応する部分から周辺部に対応する部分に向かって空間的または時間的に増加させたことを特徴とする光応用基板処理装置。

【請求項 2】光ビームに対して相対的に基板を回転させ光ビームを照射して薄膜成長、エッチング、ドーピング、クリーニング等の所定の処理をする光応用基板処理装置において、光ビームの照射位置に対する基板の相対速度を基板の中央部に対応する部分から周辺部に対応する部分に向かって減少させたことを特徴とする光応用基板処理装置。

【請求項 3】光ビームに対して相対的に基板を回転させ光ビームを照射して薄膜成長、エッチング、ドーピング、クリーニング等の所定の処理をする光応用基板処理装置において、光ビームと基板との相互作用が基板の中央部に対応する部分から周辺部に対応する部分に向かって光学的に活性となるように光ビームが異なる波長または偏光を有すること、あるいは基板が光吸収率分布をもつことを特徴とする光応用基板処理装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光応用基板処理装置に係り、特に光ビームに対して相対的に基板を回転させ光ビームを照射して薄膜成長、エッチング、ドーピング、クリーニング等の所定の処理をする光応用基板処理装置に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】LSIデバイスの高性能化と高集積化を図るために、エピタキシャル成長法における低温化、成長膜の高品質化や薄膜化が要請されている。

【0003】従来、Siのエピタキシャル成長は熱CVD法によって1100～1200℃という高温で行われていた。

【0004】エピタキシャル成長法における低温化の方法として、光励起法、分子線結晶(MBE)法やプラズマ堆積の方法等が研究されている。分子線結晶(MBE)法やプラズマ体積の方法においては、700℃程度でもSiのエピタキシャル成長が可能となっているが、結晶性の問題等のためデバイスへの応用は現在なされていない。

【0005】一方、光励起法においては、光の高エネルギー性、エネルギーを容易に選択できること、空間的または時間的にファクターを制御できること、可干渉性や偏光特性を利用できること等のために、低温励起、クリーン励起、薄膜の高品質化(結晶性の改善)や反応の制御等が可能となり、また新しいデバイスの創造も期待で

きる。

【0006】実際、1961年に西沢によって光を半導体プロセスに応用することについて提案(金属学会誌、第25巻、149頁、1961年)されて以来、半導体プロセスの進歩とともに、光CVDや、エッチング、ドーピングやクリーニング等への光の応用が研究されてきた。

【0007】Siのエピタキシャル成長法においては、Hgランプによる紫外線照射により、結晶性が改善され、低温(540～750℃)での結晶成長も観測されている。また、紫外線レーザー(KrF:248nm)を照射して溶解させた後、再結晶させて700℃で結晶成長したことが報告されている。また赤外線レーザー(CO<sub>2</sub>:10.6μm)を用いた場合には、650℃でエピタキシャル成長したことが報告されている。

【0008】また、エッチングや表面クリーニングにおいては、紫外線照射をしCl<sub>2</sub>によってSiをエッチングすることや、紫外線照射をしSiの表面上のふっ素や有機物を低温離脱(300℃を約100℃に低温化)することについて報告されている。また、半導体デバイスの精緻化にともない加工面に損傷を与えない異方性エッチングが必要とされ、これに対して光応用技術が着目されている。

【0009】また、ドーピングにおいては、適当な波長を選択することにより反応を制御したり、平面方向や成長方向に不純物ドーピングを制御することが期待され研究されている。

【0010】上述のように、半導体デバイスの目覚ましい高集積化にともない低温における高性能な基板処理技術が必要とされており、このための技術として、光応用技術が大いに期待されている。

【0011】しかしながら、光応用技術の基礎学術的研究は進んでいるものの、Hg光増感法アモルファスSi成長などの数少ない例を除いて、半導体プロセスに応用されているものは少ない。

【0012】光応用技術における要請点として、(1)中間生成物、光反応機構、光学的効果に関する基礎的なデータの蓄積があること、(2)光源(特に紫外線)が適当な波長、高出力、安定性、小型性を有すること、

(3)窓が短波長の紫外線や長波長の赤外線に透過し化学的に安定であること、(4)チャンバーの曇り対策が可能であること、(5)大きい面積の照射が可能であること、(6)単位時間当たりの基板処理量の高速化(成膜速度等)が可能であること、(7)基板面内で均一的処理が可能なこと、(8)低温成膜時の薄膜の高品質化(良質な結晶性)が可能なこと、(9)気相分解反応による核の発生を防止できること等があげられる。

【0013】これらの要請点のうち、特に(2)最適光源、(5)大面積照射、(6)高速化、(7)均一化、(8)結晶性の向上は重要と考えられている。

【0014】これらの要請点を考慮した光源として、紫外線光源としてHgランプが用いられる場合が多いが、大面積に照射できるという利点があるものの、現状では光強度が弱すぎるといふ欠点を有している。

【0015】一方、レーザ光源を用いた場合は高強度の光照射が可能であるが、面積当りの光強度が弱くなるので大面積の基板全体に広げて用いることができない。特に、多光子吸収を利用する場合には非常に高強度の光を必要とするので、レーザをビーム状でしか使用することができない。このため、大面積基板全体に高強度のレーザ光を照射するためには、レーザビームを移動照射（スキャン）するか、基板を移動させることが必要となる。なお、大出力レーザを用いる場合は、レーザビームをシート状にして照射することが可能である。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、レーザビーム等の光ビームを用い基板を相対的に回転させながら照射する場合、単位時間当りの照射面積が基板の回転半径方向によって異なる。すなわち、光ビームのスポットサイズおよび照射強度が一定の場合、図16(a)に示すように基板の回転中心からの距離を半径 $r$ 、基板の回転角速度を $\omega$ とすると、半径 $r$ における照射照度 $I(r)$ は $r\omega$ に反比例し、均一にならないという問題点があった。このため、基板上の照度を均一化できなかった。また、光ビームと基板との相互作用を基板上で均一に実現することができなかった。

【0017】そこで本発明の目的は、上記従来技術が有する問題点を解消し、光ビームに対して相対的に基板を回転させ光ビームを照射して薄膜成長、エッチング、ドーピング、クリーニング等の所定の処理をする場合に、基板上の照度を均一化し、あるいは光ビームと基板との相互作用を基板上で均一化する光応用基板処理装置を提供することである。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、光ビームに対して相対的に基板を回転させ光ビームを照射して薄膜成長、エッチング、ドーピング、クリーニング等の所定の処理をする光応用基板処理装置において、前記光ビームの強度を基板の中央部に対応する部分から周辺部に対応する部分に向かって空間的または時間的に増加させたことを特徴とする。

【0019】

【作用】基板の中央部に対応する部分から周辺部に対応する部分に向かって光ビームのスポット形状を変形して空間的強度分布を増加させるか、または例えばパルスの幅や周波数を変えて光ビームの照射時間を増加させるかして、実質的に均一に基板を照射する。

【0020】また、基板の中央部に対応する部分から周辺部に対応する部分に向かって光ビームの照射位置に対する基板の相対速度を減少させ、実質的に均一に基板を

照射する。

【0021】また、照射された光ビームの波長または偏光に依存する光学的相互作用を用いて基板処理する場合において、基板の中央部に対応する部分から周辺部に対応する部分に向かって光学的に活性となるように光ビームは異なる波長または偏光を有するので、実質的に均一に基板処理することができる。

【0022】

【実施例】以下本発明による光応用基板処理装置の実施例を図1乃至図16を参照して説明する。

【0023】ここで光応用基板処理装置は薄膜成長、エッチング、ドーピング、クリーニング等の所定の処理をする装置であるが、まず光応用基板処理装置の例として気相成長装置を例にとり、シート状の光ビームを照射する気相成長装置の一般的な構成を図12に示す。図12において光応用基板処理装置は、光ビームを発射するレーザ光源1と、光ビーム11aのビーム径を拡大するビームエキスパンダ2と、ビームエキスパンダ2によって拡大された光ビーム11bを帯状のビーム形状を有する光ビーム11cにするシリンドリカルレンズ3と、光ビーム11cを基板10に照射するように反射させるためのミラー4とを備えている。

【0024】光ビーム11aは円形のスポットを有する平行ビームであり、ビームエキスパンダ2から出る光ビーム11bは拡大された円形のスポットを有する平行ビームである。また、光ビーム11cは、図2(a)に示すように一方のビーム径が平行光ビーム11bのビーム径 $2\Delta r$ に等しく他方のビーム径が基板10の半径に等しいシート状の光ビームである。

【0025】基板10は反応管5の中にある基台9上に載置されている。基台9は図示しない基板回転手段により回転させられる。反応管5の側部には外部からの光ビーム11cが透過するビューポート6が設けられている。また反応管5の頂部には基板10に蒸着等の処理をするための原料ガスを供給する原料ガス口7が設けられ、また下側部には反応管5の内部を真空に引くための真空ポンプ口8が設けられている。

【0026】本発明による光応用基板処理装置の第1の実施例を図1に示す。この第1の実施例は、図12に示した光応用基板処理装置におけるシリンドリカルレンズ3を通過した光ビーム11cをさらに図1に示す変形シリンドリカルレンズ15およびスリット16を通過させるものである。

【0027】変形シリンドリカルレンズ15は、曲率半径が円筒方向に連続的に変化して分布するシリンドリカルレンズである。変形シリンドリカルレンズ15を通過した光ビームはスリット16面上で符号18に示すビーム形状を有する。このビーム形状18の両側の境界18a、18bは双曲線をなし、ビーム形状18は頂部18cから底部18dに向かう距離の逆数に比例して減少す

るようになっている。

【0028】また、ビーム形状18を有する光ビーム11dはスリット16の長方形の開口17を通過し、基板10上で長方形のビーム形状19を有する光ビーム11eとなる。ビーム形状19は基板10の周辺部20から中心Oに向かう距離の逆数に比例して照度が低くなっている。

【0029】次に本実施例の作用について説明する。

【0030】シート状の光ビーム11が変形シリンドリカルレンズ15を通過して、頂部18cから底部18dに向かう距離の逆数に比例して減少するビーム形状18を有する光ビーム11dとなり、光ビーム11dはスリット16を通過して基板10の周辺部20から中心Oに向かう距離の逆数に比例して低くなる照度を有する光ビーム11eとなる。すなわち光ビーム11eは図16(b)に示すような照度分布を有する。

【0031】本実施例の構成によれば、変形シリンドリカルレンズ15およびスリット16を通過する光ビーム11eが基板10の中央部から周辺部に向かって図16(b)に示すような照度分布を有するので、基板10上の照度を均一化させることができる。

【0032】次に図2および図3を参照して本発明による光応用基板処理装置の第2の実施例を説明する。

【0033】図2において、光ビーム31を発する光源群30は複数の等価な光源から構成され、この光源の個数は基板10の中央部32に対応する部分32aから基板10の周辺部33に対応する部分33bに向かって増加する。この光源個数の増加の仕方は図3に示すように半径rの位置における個数がほぼ $(a-1/r)$ になっている。なお、aは図16(c)に示す照度分布の一定値に相当する定数である。そして各光源からの光束は互いに重ならないように照射される。

【0034】本実施例の構成によれば、光源の個数が基板10の中央部32から周辺部33に向かって図16(b)に示すように増加し、各光源からの光束は重ならないように照射されるので、基板10を均一な照度で照射することができる。

【0035】次に図4を参照して本発明による光応用基板処理装置の第3の実施例を説明する。

【0036】図4において、光源群35は図2における光源群30と同様に複数の等価な光源から構成され、光源の個数は基板10の中央部32に対応する部分32a

$$\begin{aligned} S &= \pi \cdot \Delta r^2 + 2 \Delta r \cdot \Delta l \\ &= 2 \Delta r \cdot \Delta l \quad (\Delta l \text{ が } \Delta r \text{ より十分大きいとき}) \\ &= ((r\omega)^2 + 2r\omega v_\theta + v^2)^{1/2} \end{aligned}$$

ここで、 $r\omega$ が0にほぼ等しい $v$ に比べて十分大きいならば、 $\Delta l$ は近似的に $r\omega$ に等しくなる。

$$\begin{aligned} L(r) &= I(r) \cdot \Delta s / S \\ &= I(r) \cdot \Delta s / (2 \Delta r \cdot \Delta l) \\ &= \pi / 2 \cdot I(r) \cdot \Delta r / \Delta l \cdots \cdots (1) \end{aligned}$$

から基板10の周辺部33に対応する部分33bに向かって半径rの位置における個数がほぼ $(a-1/r)$ になるように増加する。ただし、図2の場合と異なり、基板10の半径rの位置に対応する部分の各光源からの光束は、基板10の半径rの同一位置に重なるように照射される。

【0037】本実施例の構成によれば、基板10の中央部32から周辺部33に向かってほぼ $(a-1/r)$ になるように増加する光源の個数からなる光源35を備え、半径rの位置に対応する部分の各光源からの光束は基板10の半径rにおける同一位置に重なるように照射されるので、基板10を均一な照度で照射することができる。

【0038】次に図5を参照して本発明による光応用基板処理装置の第4の実施例を説明する。

【0039】図5において、強度が均一で長方形のビーム形状41を有する光ビーム40がスリット42を通過する。スリット42は開口43を有し、開口43の両側の境界43a、43bは頂部43cから底部43dに向かって双曲線的に変化する境界線で構成される。光ビーム40は基板10上でビーム形状44を有し、ビーム形状44は開口43と相似である。開口43の頂部43cは基板10上の中心部44cに対応する。

【0040】本実施例の構成によれば、スリット42を設けたので、基板10を均一な照度で照射することができる。

【0041】以上の実施例はシート状の光ビームを用いるものであったが次に点状の光ビームを走査する実施例について説明する。

【0042】まず図14および図15を参照して光ビームを走査する場合の一般的なことを説明する。

【0043】図14において、回転ミラー52が図示しないミラー走査手段によって駆動される。レーザ光源50から出射する光ビーム51は回転ミラー52によって反射され、光ビーム51は、回転ミラーが52aから52bに走査される間に51aから51bに走査され基板10の中心部54から周辺部55へ移動する。

【0044】図15を参照して、走査される光ビーム51によって照射される基板10上の照度について説明する。

【0045】光ビーム51が基板10に単位時間あたり照射される面積Sは、

【0046】したがって、基板10上の照度 $L(r)$ は、

となる。ここで、 $I(r)$ は半径 $r$ の位置に照射するときの光ビーム51の放射強度、 $\Delta s$ は光ビーム51の断面積、 $\Delta r$ はこの断面積の半径、 $\Delta l$ は基板10における光ビーム51の単位時間当りのビームスポットの移動距離、 $\omega$ は基板10の回転角速度、 $v$ は基板10の外からみたビームスポットの移動速度、 $v_\theta$ 、 $v_r$ は基板10に対する $v$ の接線成分と法線成分である。

【0047】次に式(1)に基づいて、本発明による光応用基板処理装置の第5の実施例を説明する。

【0048】照度 $L(r)$ が $r$ に依存しないように放射強度 $I(r)$ を基板10上の半径 $r$ の位置に応じて変動させるものである。放射強度 $I(r)$ を半径 $r$ に応じて変動させる手段として、半径 $r$ の位置に応じて透過率の異なる楕形フィルタや連続可変スリットを用いることができる。

【0049】また、照度 $L(r)$ を $r$ に依存しないように放射強度 $I(r)$ を変動させる他の手段として、パルスレーザのパルス幅、パルス周波数、またはこれらの両者を半径 $r$ の位置に応じて変化させることもよい。

【0050】次に、本発明による光応用基板処理装置の第6の実施例を説明する。

【0051】本実施例においては、照度 $L(r)$ が $r$ に依存しないように回転角速度 $\omega$ の大きさを半径 $r$ の位置に応じて変える。

【0052】このために、光ビーム51を基板10の中心部分54と周辺部分55の間を往復振動( $v_\theta=0$ 、 $v=v_r$ )させながら、移動距離 $\Delta l=(r\omega+v_r)^{2/2}+v_r^{2/2}$ が半径 $r$ によらず一定になるように図示しない基板回転手段によって回転角速度 $\omega$ を制御する。なお、回転速度 $r\omega$ が移動速度 $v$ に比べて十分大きい場合には、移動距離 $\Delta l$ は回転速度 $r\omega$ にほぼ等しくなるので、回転角速度 $\omega$ は図16(b)に示すように半径 $r$ に反比例させればよい。

【0053】また、回転角速度 $\omega$ を一定にして、移動距離 $\Delta l$ が半径 $r$ によらず一定になるように $v=v_r(r)$ を回転ミラー52によって光ビーム51を制御することも可能である。

【0054】なお、光ビーム51の移動方向が半径方向のみでない場合( $v_\theta \neq 0$ )でも、移動距離 $\Delta l=(r\omega+v_r)^{2/2}+v_r^{2/2}$ が半径 $r$ によらず一定になるように、回転角速度 $\omega$ を制御して照度 $L(r)$ が半径 $r$ に依存しないようにすることができる。また、 $v_r$ と $\omega$ の両者を移動距離 $\Delta l$ が半径 $r$ に依存しないように半径 $r$ に応じて変動させてもよい。

【0055】本実施例によれば、照度 $L(r)$ が半径 $r$ に依存せず基板上を均一に照射することができる。

【0056】次に、照度以外のパラメータ(波長、入射角、偏光性、光吸収率等)によって基板の処理能力(速度)が異なることを利用した本発明による光応用基板処理装置の実施例について説明する。

【0057】まず本発明による光応用基板処理装置の第7の実施例について説明する。

【0058】本実施例は基板の表面励起を利用した気相成長に関し、用いる光源は、基板の中心部から周辺部へ照射するに従って波長 $\lambda(=c/v)$ を短くできるようになっている。この波長を可変にする手段として、光源と基板の間に回折格子やプリズム等の分散素子をおき、波長の選択をする。あるいは、光源として半導体レーザを用い、温度制御によって波長を変える。また不連続のスペクトルを有する光源を用いる場合に、複数のフィルタで波長を選択してもよい。

【0059】一般に、用いる光源の光子エネルギー $E=hc/\lambda$ の値が表面励起できるしきい値より大きいとき、基板の薄膜成長速度は波長 $\lambda$ が短いほど大きくなる。従って、本実施例によれば、基板の中心部から周辺部へ向かうに従って短い波長を選択することにより、基板上に均一に気相成長をすることができる。

【0060】次に、本発明による光応用基板処理装置の第8の実施例について説明する。

【0061】本実施例に用いる光源はレーザAとレーザBの2種類のレーザから構成される。レーザAは気相成長させる時の表面励起に有効な波長で発振するレーザであり、レーザBはエッチングを起こすのに有効な波長で発振するレーザである。

【0062】一般に、レーザAとレーザBを照射して気相成長を行う時、薄膜成長速度は、レーザAによる励起効果とレーザBによるエッチング効果との差に依存する。ここで、基板の中心部から周辺部へ照射するに従って、レーザAの出力をレーザBの出力よりも大きくする。このことにより、基板上に均一に気相成長をすることができる。

【0063】次に、本発明による光応用基板処理装置の第9の実施例について説明する。本実施例は光源の偏光を選択することに関する。

【0064】一般に $CO_2$ レーザを用いてSi単結晶成長させる場合、レーザの電場 $E$ の偏光方向や入射角によって効率が異なる。Si単結晶表面上の電場の大きさは図6に示すように入射角 $\theta$ に依存する。図7にSi単結晶の成長速度と偏光の関係を示す。ここで、s偏光(水平偏光)を電場 $E_s$ 、p偏光(垂直偏光)の電場を $E_p$ 、 $E_p$ の法線成分を $E_{pp}$ 、面上成分を $E_{ps}$ 、 $E_o$ を入射光の電場強度とすると、 $E_s=E_o \cos \theta$ 、 $E_{ps}=E_o \sin \theta \cos \theta$ 、 $E_{pp}=E_o \cos^2 \theta$ である。

【0065】図8に本実施例に用いる光源の構成を示す。図8において、レーザ光源50からの線偏光の光ビーム51は偏光子52によって円偏光の光ビーム53になる。光ビーム53は偏光子54に入射して偏光子54の回転角 $\phi$ に応じて角度 $\phi$ だけ回転した線偏光の光ビーム55となり、光ビーム55が基板10に照射される。

【0066】Siの成長速度は次式で表される電場 $E_{epi}$ に依存する。ここで、

$$\begin{aligned} E_{epi} &= E_s + (2E_{ps} + E_{pp}) \\ &= E_o \cos \phi \cos \theta \\ &\quad + E_o \sin \phi (2 \sin \theta \cos \theta + \cos^2 \theta) \\ &\quad \dots (2) \end{aligned}$$

である。

【0067】p偏光（垂直偏光）を入射させた場合、 $\theta = 45$ 度で薄膜成長速度が最大になり、また結晶性も最

$$E_{epi} = 1/2 \cdot E_o \cos \phi + 3/2 \cdot E_o \sin \phi$$

となる。

【0069】従って、基板上の半径 $r$ の位置によって、半径 $r$ が大きいほど $E_{epi}$ が大きくなるように角度 $\phi$ を制御することにより、基板上に均一に薄膜成長をおこなうことができる。

【0070】なお、大きい基板を照射する場合は $\theta = 45$ 度の条件を常には満たすことができない。そこで、基板の中心部への照射のときは $\theta = 45 \pm 5$ 度にして周辺部になるほど $45$ 度からのずれを大きくするようにする。このための構成を図9および図10に示す。図9は基板の中心Oに対して光源50と同じ側の基板半径部分を照射する場合を示し、図10は基板の中心Oに対して光源50と反対の基板半径部分を照射する場合を示す。

【0071】次に、本発明による光応用基板処理装置の第10の実施例について説明する。本実施例は基板の光吸収率を基板の面内で変えることに関する。

【0072】赤外線レーザを照射して基板処理する場合、（1）基板のドーピング量（不純物量）、（2）基板温度、（3）紫外線光や可視光の他のレーザを照射して電子-正孔対の量等を変えること等によって基板上面の赤外線吸収率分布を図16（b）に示すように基板の半径 $r$ 位置に応じて変える。

【0073】

（1）基板のドーピング量（不純物量）を変える場合Si基板中、硼素（B）のドーピング量が増えると、Si基板中の電子-正孔対が増えて赤外線吸収量が増える。従って、基板の中心部でドーピング量を少なく、周辺部でドーピング量を多くして基板上面の赤外線吸収率分布を図16（b）に示すようにする。

【0074】（2）基板温度を変える場合基板の上方から熱線を照射して、図16（b）に示すような温度分布をつくる。これによりSi基板中の電子-正孔対の量の分布ができ赤外線吸収率分布ができる。

【0075】

（3）紫外線光や可視光の他のレーザを照射する場合図11に示すように、基板を処理する赤外線レーザ61の他に発振波長 $\lambda = 5145$ または $4880$ オングストロームの $Ar^+$ レーザ62を照射する。図11で、符合63は赤外線を透過し紫外線光や可視光を反射するダイクロックミラーであり、符合64、65は全反射ミラーである。赤外線レーザ61および $Ar^+$ レーザ62から

も良くなる。

【0068】 $\theta = 45$ 度のとき、式（2）は

の光ビームは同軸にそろえて照射される。

【0076】なお、赤外線レーザ61が強すぎると気相中で原料ガス（ $SiH_4$ 等）が多光子吸収をして分解し白粉（核）を発生してしまう。これを防ぐために、基板下のサセプタが赤外線をよく反射するようにサセプタを赤外線反射用の金蒸着をする。

【0077】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、光ビームの強度を基板の中央部に対応する部分から周辺部に対応する部分に向かって空間的または時間的に増加させたので、基板上の照度を均一化する基板処理装置を提供することができる。また、光ビームの照射位置に対する基板の相対速度を基板の中央部に対応する部分から周辺部に対応する部分に向かって減少させたので、基板上の照度を均一化することができる。また、光ビームと基板との相互作用が基板の中央部に対応する部分から周辺部に対応する部分に向かって光学的に活性となるように光ビームが異なる波長または偏光を有するので、基板上の気相成長を均一に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による光応用基板処理装置の第1の実施例の概略を示す図。

【図2】本発明による光応用基板処理装置の第2の実施例の光源の概略を示す図。

【図3】図2における基板上の照射分布を示す図。

【図4】本発明による光応用基板処理装置の第3の実施例の光源の概略を示す図。

【図5】本発明による光応用基板処理装置の第4の実施例の概略を示す図。

【図6】照射光の電場強度と偏光、入射角の関係を示す図。

【図7】照射光の偏光および入射角とSiの気相成長速度の関係を示す図。

【図8】本発明による光応用基板処理装置の第9の実施例の概略を示す図。

【図9】第9の実施例において約 $45$ 度の入射角度 $\theta$ で照射する構成を示す図。

【図10】第9の実施例において約 $45$ 度の入射角度 $\theta$ で照射する他の構成を示す図。

【図11】本発明による光応用基板処理装置の第10の実施例の概略を示す図。



【図 1 2】シート状の光ビームを照射する気相成長装置の一般的な構成を示す図。

【図 1 3】シート状の光ビームで照射された基板上の照射部分を示す図。

【図 1 4】光ビームを走査して照射する気相成長装置の一般的な構成を示す図。

【図 1 5】走査光ビームのスポットの基板上的移動を説明する図。

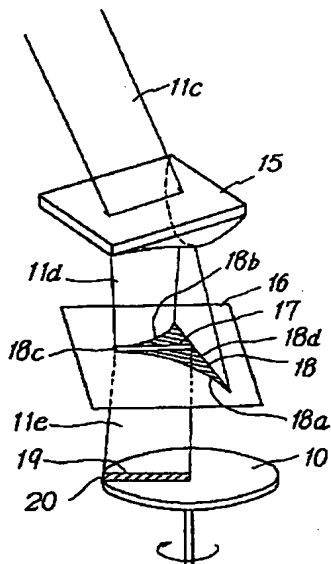
【図 1 6】光ビームに対して相対的に回転する基板上的基板半径  $r$  と照度分布 (a) と、基板上的基板半径  $r$  に対して補正すべき照射強度の分布、補正すべき照射時間、補正すべき吸収率分布等 (b)、および (a) で示

す分布が (b) で示す分布によって補正された結果 (c) を各々示す図。

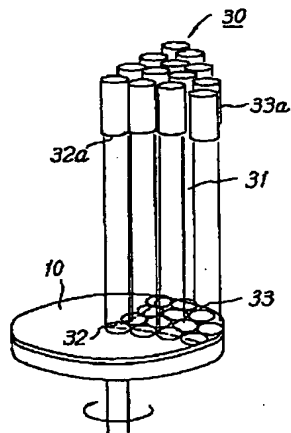
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 ビームエクspンダ
- 3 シリンドリカルレンズ
- 5 反応管
- 6 ビュポート
- 10 基板
- 15 変形シリンドリカルレンズ
- 16 スリット
- 42 変形スリット

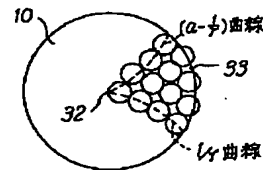
【図 1】



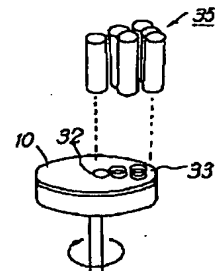
【図 2】



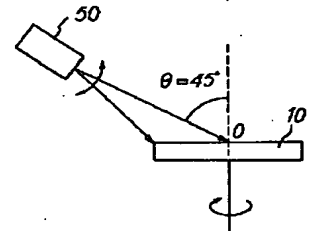
【図 3】



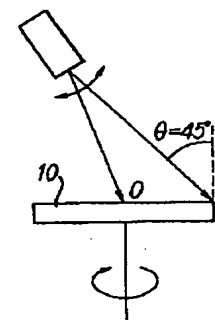
【図 4】



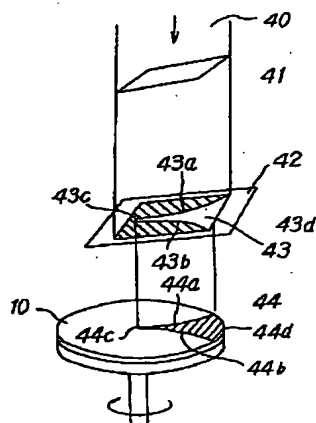
【図 9】



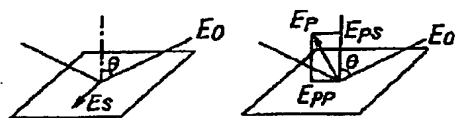
【図 10】



【図 5】

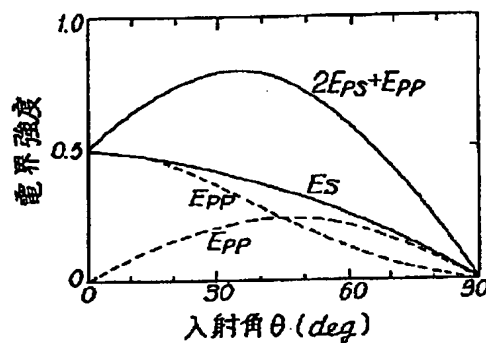


【図 6】

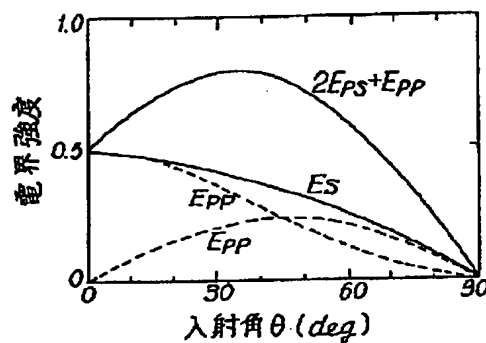


(a)

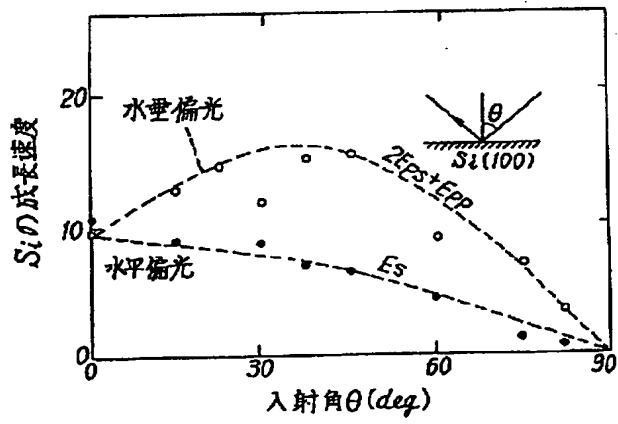
(b)



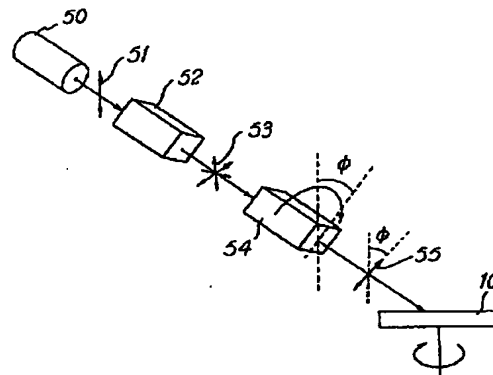
(c)



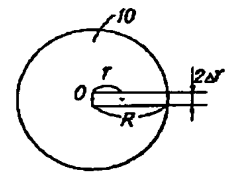
【図 7】



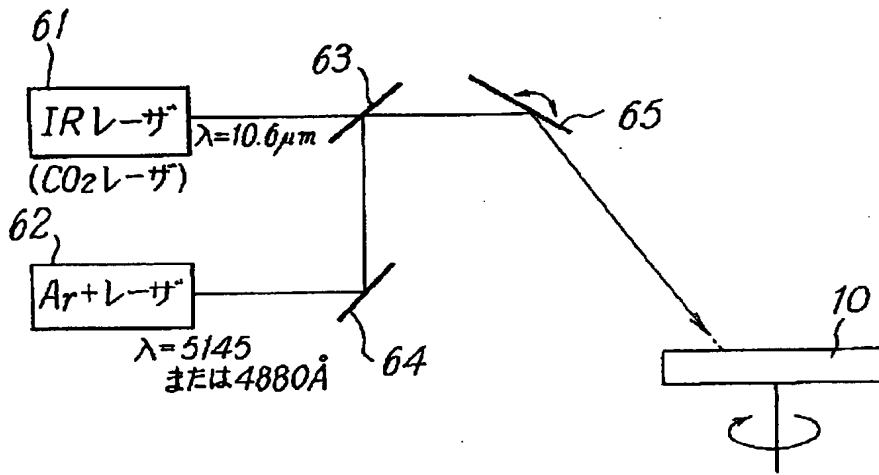
【図 8】



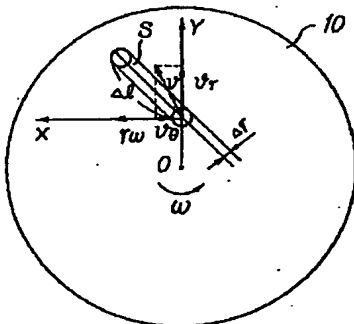
【図 13】



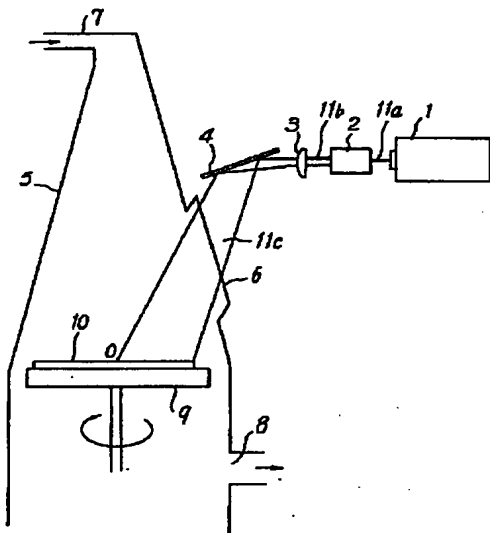
【図 11】



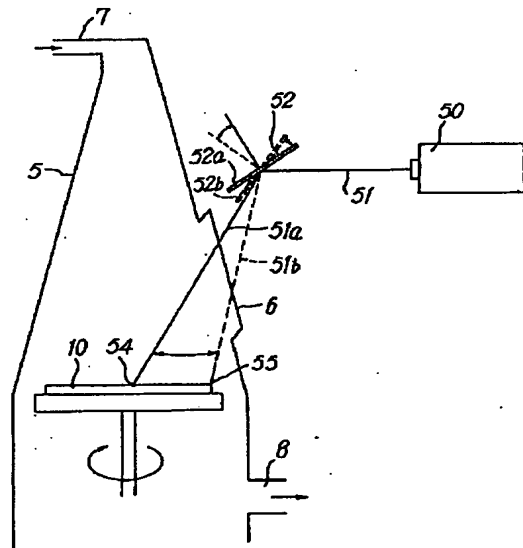
【図 15】



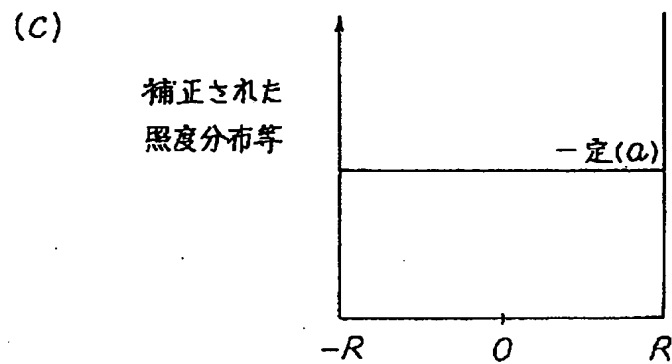
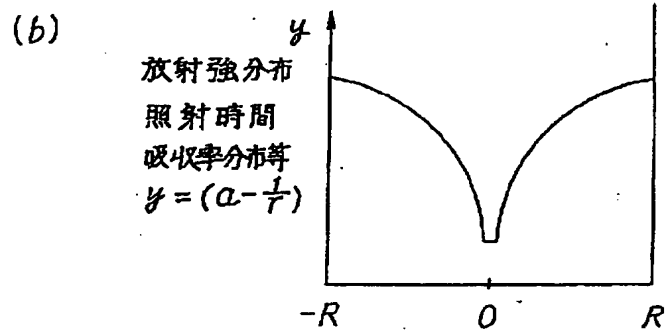
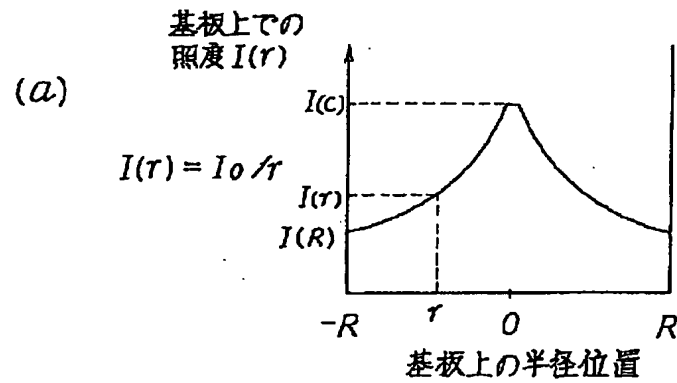
【図 12】



【図 14】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 近 江 隆 夫  
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1 株式会  
社東芝総合研究所内